

Title	二段給電式ミグ溶接の溶接プロセスの解明と実用化に関する研究
Author(s)	青木, 篤人
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/77492
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (青木 篤人)

論文題名

二段給電式ミグ溶接の溶接プロセスの解明と実用化に関する研究

論文内容の要旨

本研究論文ではLNGタンクや液化水素タンクのような極低温用製品の溶接部に対し、低温じん性を確保でき、かつ効率的な溶接施工法確立を目的として、純アルゴンシールドガスを用いる二段給電式ミグ溶接プロセスを開発し、その溶接プロセスの基本メカニズムの解明、溶接プロセスへの影響因子の検証、および実用化研究を行った。二段給電式ミグ溶接とは、2台の溶接電源を用いて1台は主溶接としてミグパルス給電し、もう1台をミグ溶接チップの先の溶接ワイヤ先端近くに補助的に給電する新しい溶接プロセスである。これにより従来型ミグ溶接では一意的な関係にあったワイヤ送給量と溶接電流を切り離してそれぞれ独立に制御できる。極低温用製品に純アルゴンミグ溶接を適用する場合、十分なぬれ性が得られず凸ビードとなる課題がある。ぬれ性の低下は純アルゴンシールドガスによる熔融金属の含有酸素量低下がその表面張力上昇を引き起こすためである。熔融金属温度を上昇させることで表面張力を低下させることができる。入熱を増加させることが可能な二段給電式ミグ溶接プロセスにより、溶接ビード形状の課題解決を図った。溶接ビード形状改善は積層溶接となるタンクのような大型の対象製品の溶接施工には不可欠である。しかしながら現状では二段給電式ミグ溶接プロセスの溶接現象、溶滴温度上昇のメカニズム、最適な溶接条件などに関してなら解明されていない。極低温用製品への適用を考える上には、二段給電式ミグ溶接プロセスのメカニズム解明が、最適な溶接施工を実現するために必要である。

そこで本研究博士論文第4章では、まず二段給電式ミグ溶接プロセスの基本的なメカニズムを解明することを目的とし、実験により溶接現象の観察、データ収集・分析を行った。特に二段給電式ミグ溶接プロセスの特長である、同一ワイヤ送給量に対しアーク電流値を独立に制御できることに主眼を置き、その挙動を実験により明らかにした。より直接的に溶接ビード形状改善に関わる溶滴による母材への熱移送に着目し熱量計を用いて溶滴の熱量計測により検証した。また実験を通して観察された二段給電式ミグ溶接プロセスの溶接現象について、溶接ワイヤにおけるジュール発熱に着目して数値計算を行った。さらに二段給電式ミグ溶接プロセスの数値計算モデルを構築し、実験では直接計測できない電流密度や温度分布を可視化するなど実験とは異なる視点で検証を行った。これら結果により二段給電式ミグ溶接プロセスが、ワイヤ送給量と溶接電流を独立に制御できる利点を有効に活用できることを明らかにし、純アルゴンミグ溶接において課題となる溶接ビード形状の課題を解決できることを示した。

第5章において、二段給電式ミグ溶接プロセスに影響を及ぼす因子として、溶接トーチ構造、溶接ワイヤ材料、電流給電形式について実験的および数値計算により検証を行った。これにより、二段給電式ミグ溶接プロセスにおいて第1給電点と第2給電点間における溶接ワイヤのジュール発熱が溶接現象に大きく影響していることを明らかにした。さらに純アルゴンミグ溶接におけるアークの不安定性に対し、二段給電式ミグ溶接プロセスにおける溶接現象の安定化という観点で解決方法を検討した。高電流によるアーク硬直性を利用したアークの安定化、第1、第2電流のパルス電流波形を制御することによる溶滴移行の安定化により、溶接現象を安定化できる可能性を示した。

第6章において実用化を見据え、肉盛溶接施工および厚板積層溶接への適用検討を行い、二段給電式ミグ溶接プロセスの有効性を示した。次いで、これまでとは反対に母材への入熱を下げる二段給電式ミグ溶接装置構造を用いた新しい溶接プロセスの検討を行い、実現可能性を示した。

第7章では、将来の二段給電式ミグ溶接プロセスの研究課題をまとめた。

第8章では、本研究論文の結論を統括した。

これらの結果により、二段給電式ミグ溶接プロセスにより、本研究のターゲットであった極低温用溶接構造物に対し高品質で効率的な溶接施工が可能であることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (青 木 篤 人)			
論文審査担当者	(職)	氏	名
	主 査	教授	田中 学
	副 査	教授	井上 裕滋
	副 査	教授	佐野 智一

論文審査の結果の要旨

本論文では LNG タンクのような極低温用製品の溶接部に対し低温じん性を確保でき、かつ効率的な溶接施工法確立を目的として、純アルゴンシールドガスを用いる二段給電式ミグ溶接プロセスを開発し、その溶接プロセスの基本メカニズムの解明、溶接プロセスへの影響因子の検証、および実用化研究を、実験と数値計算の両面から行っている。

本研究で明らかにされている点は以下の通りである。

(1) 二段給電式ミグ溶接プロセスの基本的なメカニズム

- 二段給電式ミグ溶接プロセスにおいて、付加する第 2 電流の大きさに応じた合計電流が得られ、溶滴の保有熱量が増加することを実験的、数値計算により検証し、アーク電流および溶接ワイヤのジュール発熱がこれらに主要な影響を果たすことを明らかにしている。
- 二段給電式ミグ溶接プロセスの溶滴保有熱量増加の効果によって、溶接ビードのぬれ性等のビード形状の改善、溶込み増加などの溶接品質改善が可能であることを示している。
- 高い第 2 電流の給電により、アークの硬直性が増し、純アルゴンミグ溶接におけるアーク安定を見出ししている。

(2) 二段給電式ミグ溶接プロセスの影響因子

- 給電点間距離を大きくとることで、溶接電流、溶滴保有熱量が上昇し、ビード形状改善効果が高くなることを明らかにしている。また、溶滴の保有熱量の増加には、給電点間およびワイヤ突出し部のジュール発熱の寄与が大きいことを明らかにしている。
- 溶接ワイヤ材料の電気伝導度に着目し、電気伝導度が低い材料では、二段給電式ミグ溶接プロセスの溶接電流上昇効果が小さくなるメカニズムを解明している。その一方で給電点間におけるジュール発熱の寄与がおおきくなることを明らかにしている。
- 二段給電式ミグ溶接プロセスの給電方式として、第 1 給電に定電圧特性溶接電源によるパルス電流、第 2 給電に定電流特性溶接電源による電流を給電する方式が、最も二段給電式ミグ溶接の入熱を制御するのに適していることを明らかにしている。

(3) 二段給電式ミグ溶接プロセスの実用化

- インコネル肉盛溶接の施工において、二段給電式ミグ溶接を適用することで、安定した溶込みと希釈率のバランスを取った施工が可能であることを示し、溶滴サイズが溶込み形状に影響するメカニズムを解明している。
- 大型構造物を想定した積層溶接施工において、溶接品質の安定性と溶接姿勢条件の緩和が可能であることを示し、実用化に向けた可能性を検証している。

これらの結果により、二段給電式ミグ溶接プロセスにより、本研究の適用対象である極低温用溶接構造物に対し高品質で効率的な溶接施工が可能であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は新たに開発した二段給電式ミグ溶接について、その溶接プロセスメカニズムを解明し、さらに実用化に向け貴重な知見を得ている。本研究の知見は、溶接施工の課題であった、必要な所に必要な量の溶接材料と熱を供給するという「ジャスト・メルト」の技術進展に大きく貢献できるものと期待する。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。